

УДК 630*232.211

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.123

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ И КОМПОНОВКИ АГРЕГАТА ДЛЯ ПониЖЕНИЯ ПНЕЙ

С.Н. Орловский¹, канд. техн. наук, доц.

А.И. Карнаухов², канд. техн. наук, доц.

¹Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, д. 90, г. Красноярск, Россия, 660049; e-mail: info@kgau.ru, orlovskiysergey@mail.ru

²Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнёва, пр. Мира, д. 82, а/я 1075, г. Красноярск, Россия, 660049; e-mail: info@sibstu.ru, Sky_angel_33@mail.ru

Повышение эффективности использования лесохозяйственных агрегатов – важная проблема при срезании пней в процессе выполнения лесовосстановительных работ. Целью исследования являлось изучение влияния конструкции машины для срезания пней, ее рабочего органа и привода на эффективность выполнения технологического процесса. Программа исследований предусматривала анализ влияния конструктивных особенностей машины МУП-4 для срезания пней и проектного агрегата с фронтальной телескопической навеской рабочего органа и гидравлическим приводом рабочего органа на базе лесохозяйственного трактора ЛХТ-100А на производительность труда и утомляемость оператора. Важным техническим отличием от существующей машины МУП-4, имеющей привод рабочего органа от системы карданных передач и редукторов, в этом случае является то, что рабочий орган нашей конструкции приводится в действие гидравлическим двигателем, встроенным в рабочий орган, а телескопическая стрела его навески выполнена подпружиненной. Это позволяет производить срезание пней в режиме непрерывного движения, снижает износ узлов трансмиссии агрегата и повышает топливную экономичность при выполнении технологического процесса. Получены зависимости производительности труда от конструкции рабочего органа и его навески. Обоснован выбор конструкции рабочего органа и особенностей компоновки тракторного лесохозяйственного агрегата для срезания пней. Рассмотрено влияние конструкции базового и проектного агрегатов на частоту воздействия оператора на рычаги управления при выполнении технологического процесса. На основании полученных результатов возможно обосновать конструкцию и компоновку тракторного лесохозяйственного агрегата для срезания пней с рабочим органом в виде фрезы фронтальной навески и определить его мощностные параметры, что позволит увеличить производительность труда и снизить утомляемость оператора. Сделаны выводы о необходимости изменения конструкции машины для удаления пней МУП-4 и доказана целесообразность изменения привода рабочего органа и его навесной системы, что даст возможность осуществлять технологический процесс в режиме непрерывного движения с повышением производительности труда в 4 раза и уменьшением нагрузки на оператора в 2 раза.

Для цитирования: Орловский С.Н., Карнаухов А.И. Обоснование технологии применения и компоновки агрегата для понижения пней // Лесн. журн. 2017. № 3. С. 123–131. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.123

Ключевые слова: удаление пней, технология понижения пней, орудия, недостатки агрегатов, компоновка, новые конструкции.

Введение

Технологические операции лесовосстановления включают предварительную подготовку площади (очистку от порубочных остатков, валежника, поросли, корчевку или фрезерование пней до уровня почвы), обработку почвы, посадку лесных культур и уход за ними. При этом применяются тракторные агрегаты для удаления пней как с пассивными, так и с активными рабочими органами.

К недостаткам агрегатов с пассивными рабочими органами относятся низкая производительность и высокие энергозатраты. Но их главный недостаток состоит в том, что при работе корчевателей вместе с пнем извлекается большая масса земли, происходит перемешивание почвенного горизонта, образуется подпневая яма. Все это приводит к нарушению биогеоценоза и обеднению верхнего слоя почвы питательными веществами [2].

Машины с активными рабочими органами измельчают пень или срезают его надземную часть, не нарушая поверхностного слоя почвы [3, 7].

Цель исследования – выбор конструкции привода рабочего органа тракторного агрегата для понижения пней и обоснование его общей компоновки для выполнения данной операции. При этом необходимо изучить влияние конструктивных особенностей агрегата на эффективность технологического процесса срезания пней на вырубках.

Объекты и методы исследования

Наиболее эффективным устройством для удаления надземной части пней в настоящее время является машина МУП-4 [4, 5], которая исключает трудоемкие операции по корчевке пней, особенно крупных, на свежих вырубках за счет понижения пней до уровня почвы срезанием и дроблением их надземной части. Расчистка вырубков от пней при помощи данного метода устраняет недостатки корчевальных машин. Она предназначена для удаления дроблением надземных частей пней при подготовке вырубков под посадку лесных культур, устройстве волоков и дорог для вывозки заготовленной древесины.

Навесное оборудование машины МУП-4 включает: раму, смонтированную впереди трактора ТДТ-55А; поворотную стрелу; рабочий орган (фрезу с вертикальной осью вращения); гидроцилиндры для перемещения рабочего органа в вертикальной и горизонтальной плоскостях; трансмиссию привода фрезы, состоящую из раздаточной коробки, карданной, цепной и шарнирной передач, промежуточного вала и редуктора [4, 5].

Существующая технология понижения пней машиной МУП-4 на базе трактора ТДТ-55А и разработанное под нее орудие имеют существенный не-

достаток, заключающийся в том, что трансмиссия привода рабочего органа сложна конструктивно. Другой недостаток машины – цикличность ее работы, что требует выполнения большого количества операций по управлению, приводит к ускоренному износу узлов и деталей, большому количеству отказов, невысокой производительности. Невозможность изменить вылет стрелы машины не позволяет перемещать рабочий орган при дроблении пней размером больше диаметра рабочего органа без включения коробки переключения передач для передвижения трактора. Это крайне затрудняет перемещение рабочего органа на малую величину и повышает продолжительность процесса дробления пней.

Результаты исследования и их обсуждение

Производительность машины МУП-4 определяется из расчета ее загрузки в течение сезона (с ноября по апрель включительно) в связи с тем, что проектное орудие используется только в этот период времени.

Продолжительность работы орудия ($T_{\text{ч}}$, ч) устанавливается по производственному календарю:

$$T_{\text{ч}} = (T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{пр-кл}}) K_{\text{тг}} T_{\text{см}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{кал}}$, $T_{\text{вых}}$, $T_{\text{пр}}$, $T_{\text{пр-кл}}$ – соответственно количество календарных, выходных, праздничных и природно-климатических дней;

$K_{\text{тг}}$ – коэффициент технической готовности, $K_{\text{тг}} = 0,85$;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, $T_{\text{см}} = 8$ ч.

Ориентировочно $T_{\text{ч}}$ составляет 802 ч. При условной степени пнистости 700 шт./га. машина МУП-4 обрабатывает полосу шириной 2,6 м, при этом она останавливается перед каждым пнем, наводя стрелу на пень в вертикальной и горизонтальной плоскостях, срезает пень, поднимает орудие и продолжает движение [4].

Производительность машины МУП-4 (T , га/ч) можно определить по формуле

$$T = \frac{At_{\text{пов}}}{l} + \frac{AB}{Vl(1-\delta/100)} + (t_{\text{ост}} + t_{\text{стр}} + t_{\text{ср}} + t_{\text{дв}})n_{\text{пн}}, \quad (2)$$

где A и B – длина и ширина участка, м;

l – ширина захвата рабочего органа, м;

V – скорость движения, м/с;

δ – буксование гусениц трактора, %;

$t_{\text{пов}}$, $t_{\text{ост}}$, $t_{\text{стр}}$, $t_{\text{ср}}$, $t_{\text{дв}}$ – соответственно продолжительность поворота агрегата на следующий гон, остановки агрегата перед пнем, опускания и поворота стрелы с рабочим органом, среза пня, начала движения к следующему пню;

$n_{\text{пн}}$ – число пней на 1 га, шт.

Для участка площадью 1 га время, затраченное машиной МУП-4 на понижение пней по всей площади, составит 4,29 ч, т. е. производительность – 0,233 га/ч.

Учитывая коэффициент использования рабочего времени смены (для лесных работ он равен 0,8), переходим к определению эксплуатационной производительности:

$$S_3 = 0,233 \cdot 0,8 = 0,186 \text{ га/ч.}$$

На рис. 1 приведена схема обработки реального участка в Мининском лесхозе Красноярского края.

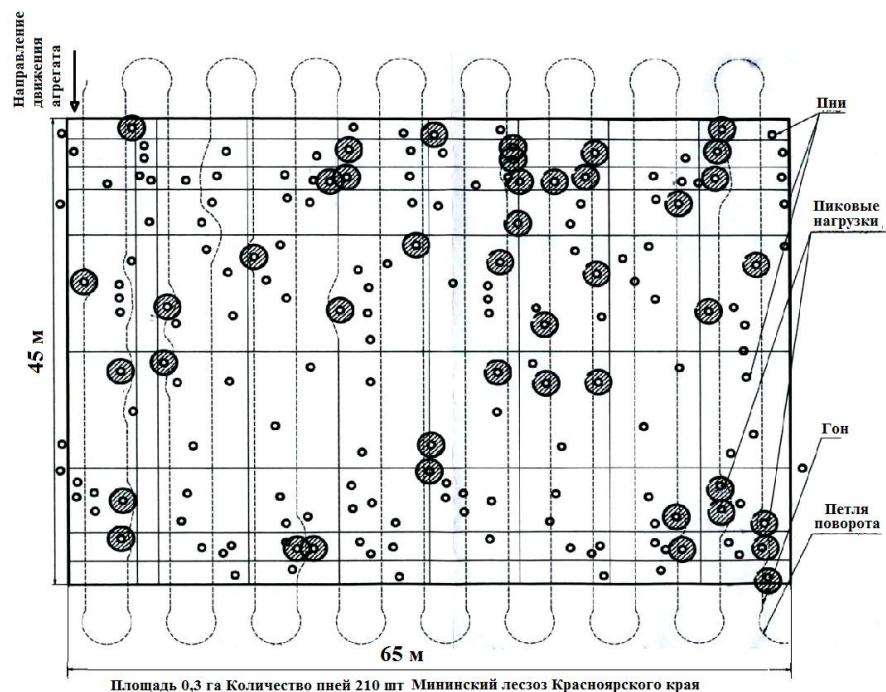


Рис. 1. Схема движения машины МУП-4 по участку

Из проведенных расчетов видно, что для увеличения производительности необходимо идти по пути перехода от циклического режима работы орудия в технологическом процессе к непрерывному движению [6, 7], что также обеспечит снижение нагрузки на оператора в процессе управления машиной.

Таким образом, обоснована необходимость создания нового рабочего органа для понижения пней при обеспечении высокой эффективности и минимальной энергоемкости рабочего процесса. Наиболее перспективной для этих целей является фреза с гидроприводом и обоснованными параметрами и компоновкой скалывающих и подрезных ножей.

В предлагаемом проекте рассматриваются усовершенствование привода МУП-4, а также обоснование конструкции навесного механизма (рис. 2).

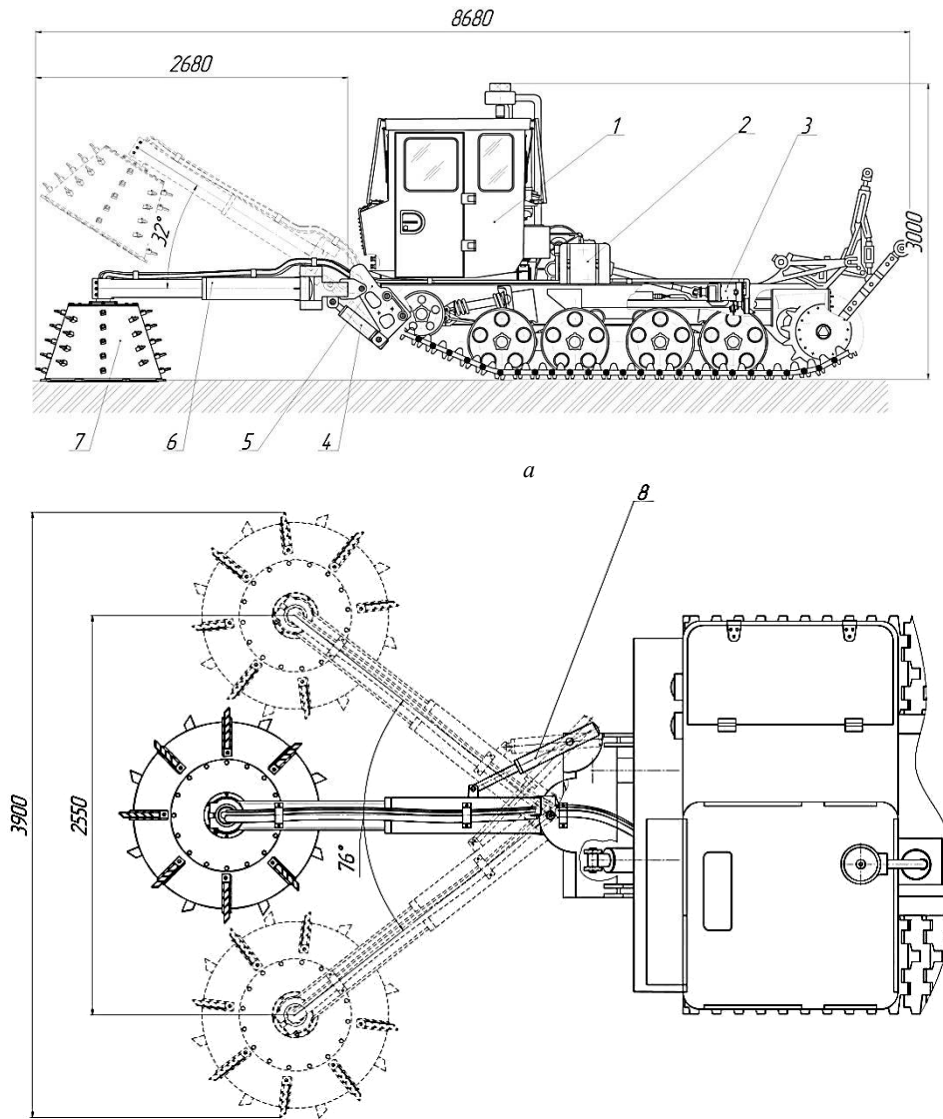


Рис. 2. Общий вид проектного орудия: *а* – вид сбоку, *б* – вид сверху; 1 – базовый трактор; 2 – бак масляный; 3 – гидронасос; 4, 8 – гидроцилиндры; 5 – навеска; 6 – стрела; 7 – фреза

Главной отличительной особенностью предлагаемой машины является гидростатический привод рабочего органа и телескопическая стрела его навески. Фреза должна приводиться во вращение аксиально-поршневым гидравлическим двигателем, который соединен трубопроводами с гидронасосом,

получающим энергию от вала отбора мощности трактора ЛХТ-100А. Такой привод гораздо эффективнее, экономичнее, проще в обслуживании, чем имеющаяся система многочисленных карданных валов и редукторов. Также следует увеличить размеры барабана фрезы, что позволит срезать пни большего диаметра, чем предусмотрено у МУП-4 (до 800 мм включительно). Орудие должно агрегатироваться с трактором посредством крепления телескопической выдвижной стрелы к его стандартной передней навеске. Гидравлический привод и редуктор фрезы расположены внутри ее корпуса (рис. 3).

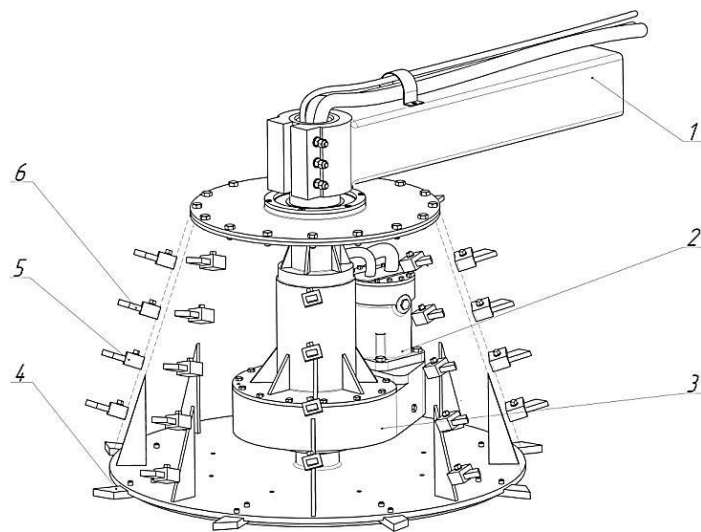


Рис. 3. Конструкция предлагаемого рабочего органа машины для понижения пней: 1 – телескопическая стрела; 2 – гидравлический двигатель; 3 – редуктор; 4 – резец подрезной; 5 – фиксатор резца; 6 – резец скальвующий

Технология использования проектного орудия не предполагает остановку перед каждым пнем для его понижения, что значительно увеличивает производительность и снижает стоимость работ [1]. Трактор движется на рабочей скорости, и оператор по ходу движения направляет стрелу на пень, мощность привода и телескопическая пружинная конструкция стрелы обеспечивают его безостановочное удаление.

При той же степени пнистости проектная машина обрабатывает полосу шириной 3,9 м. Производительность проектной машины при тех же исходных данных составляет 0,952 га/ч (см. формулу (2)).

Анализируя данные по производительности сравниваемых базового и проектного агрегатов для понижения пней, можно сделать вывод, что изменение конструкции навесной системы и привода фрезы позволит увеличить производительность от 0,233 до 0,952 га/ч, т. е. в 4,08 раза.

Техническая характеристика проектного орудия для понижения пней (базовый агрегат – трактор ЛХТ-100А):

Мощность, кВт.....	97
Масса с орудием кг.....	12 000
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм.....	8 680 × 2 575 × 3 000
Рабочая скорость, км/ч.....	2,8
Диаметр срезаемых пней не более, м.....	1,0
Тип рабочего органа.....	Фрезерный
Частота вращения фрезы, мин ⁻¹	375
Ширина обрабатываемой полосы, м.....	3,9
Производительность, га/ч.....	0,95
Обслуживающий персонал.....	1 тракторист

Анализ частоты воздействия оператора на управление по двум вариантам приведен в таблице.

Частота воздействия оператора на рычаги управления по базовому и проектному вариантам использования орудия на 1 га (без учета поворотов)

Операция	Число операций по выжиму рычагов, шт., по вариантам	
	базовому	проектному
Начало работы	4	4
Остановка перед пнем	700	Нет**
Наведение стрелы на пень	2 × 700*	2 × 700
Дробление пня	700	Нет**
Итого операций на 1 га обрабатываемой площади	2804 (точных)	1404 (не требующих особой точности)
Снижение трудоемкости управления	–	На 50 %

* Принимается для сравнения, что степень пнистости равна 700 шт./га, технология понижения пней МУП-4 предполагает остановку возле каждого пня, включение орудия и дробление пня.

** По проектному варианту считается, что трактор движется на рабочей скорости и оператор по ходу движения направляет телескопическую стрелу на пень, мощность фрезы и сжатие стрелы обеспечивают безостановочное дробление пня.

Анализируя представленные в таблице данные, можно сделать вывод, что частота воздействия оператора на рычаги управления на проектном агрегате снижается в 2 раза, т. е. уменьшается утомляемость оператора.

Таким образом, рассматривая процесс понижения пней с точки зрения производительности и частоты воздействия оператора на рычаги управления, можно сделать вывод о необходимости внесения изменений в конструкцию МУП-4 – машины для удаления пней. Наиболее целесообразно усовершенствовать привод рабочего органа и его навесную систему, что позволит осуществлять технологический процесс в режиме непрерывного движения с повышением производительности труда в 4 раза и снижением нагрузки на оператора в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беликов Е.В., Попиков В.П., Саулин С.Н., Посметьев В.В.* Методика математического расчета работы машины для удаления пней // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГЛТА, 2009. Вып. 4. С. 144–150.
2. *Гордиенко М.И., Нагорная Р.В., Кистень А.В.* Влияние раскорчевки вырубок на свойства почвы // Лесн. журн. 1986. № 1. С. 8–15. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Коришун В.Н.* Роторные рабочие органы лесохозяйственных машин: концепция конструирования: моногр. Красноярск: СибГТУ, 2003. 228 с.
4. Паспорт машины для удаления пней МУП-4. Л.: ЛенНИИЛХ, 1982. 43 с.
5. *Поздняков Е.В., Дручинин Д.Ю.* Способы и современные средства механизации для удаления пней // Молодой ученый. 2013. № 11. С. 173–176.
6. *Поздняков Е.В.* Обоснование параметров и режима работы площадкоделателя вокруг пней: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2015. 178 с.
7. *Jones P.C., Hawkend J.H.* Stump grinders. USA, Austin, 2014. 156 p.

Поступила 24.10.16

UDC 630*232.211

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.123

Application and Configuration Technology of the Stump Lowering Device

S.N. Orlovskiy¹, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

A.I. Karnaukhov², Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, pr. Mira, 90, Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation; e-mail: info@kgau.ru, orlovskiysergey@mail.ru

²Siberian State Aerospace University named after academician M.F. Reshetnev, pr. Mira, 82, Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation; e-mail: info@sibstu.ru, Sky_angel_33@mail.ru

The key problem of the stump lowering in the process of reforestation is to increase the efficiency of the use of forest devices. The work objective is to investigate the influence of the design of a stump grinder, its operating device and a drive system on the efficiency of the process. The research program includes the impact analysis of the design features of a stump grinder MUP-4 and a design unit with a forward telescopic mounting of the operating device and hydraulic drive of the operating device on the basis of the forestry tractor LHT-100A on labor productivity and operator's fatigue. The operating device of our design is driven by a hydraulic motor built into the operating element, and the telescopic boom of its mounting is spring-loaded. This is an important technical difference from the existing machine MUP-4 with an operating device drive from the system of cardan drives and reducers. The listed above features provide the stump lowering in the continuous motion mode, reduce the wear

For citation: Orlovskiy S.N., Karnaukhov A.I. Application and Configuration Technology of the Stump Lowering Device. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 3, pp. 123–131. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.123

of the drivetrain components of the unit and improve the fuel efficiency in the process. We obtain the dependences of labor productivity on the design of the operating device and its mounting. The choice of the design of the operating device and configuration features of the tractor forestry unit for the stump lowering is substantiated. The impact of the structure of basic and design devices on the frequency of the operator's influence on the control levers in the technological process is considered. Based on the obtained results, we can justify the structure and configuration of a tractor forestry stump lowering unit with the operating device in the form of a forward mounting cutter and determine its power parameters, which will increase labor productivity and reduce operator fatigue. We have made the conclusions about the need to change the design of a stump grinder MUP-4 and have proved the expediency of changing a drive of the operating device and its hinged system, which will allow carrying out the technological process in the continuous motion mode with a 4-fold increase in labor productivity and a 2-fold decrease in the operator's load.

Keywords: grubbing, stump lowering technology, unit deficiency, new construction, option arrangement, tool.

REFERENCES

1. Belikov E.V., Popikov V.P., Saulin S.N., Posmet'ev V.V. Metodika matematicheskogo rascheta raboty mashiny dlya udaleniya pney [Mathematical Calculation Technique for the Grubbing Machine Operation]. *Prirodopol'zovanie: resursy, tekhnicheskoe obespechenie* [Nature Management: Resources, Technical Support]. Voronezh, 2009, no. 4, pp. 144–150.
2. Gordienko M.I., Nagornaya R.V., Kisten' A.B. Vliyanie raskorchevki vyrubok na svoystva pochvy [The Impact of Felling Stumping on the Soil Properties]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 1986, no. 1, pp. 8–15.
3. Korshun V.N. *Rotornye rabochie organy lesokhozyaystvennykh mashin: kontsepsiya konstruirovaniya: monogr.* [Rotary Working Bodies of Forestry Machineries: Design Concept]. Krasnoyarsk, 2003. 228 p.
4. *Pasport mashiny dlya udaleniya pney MUP-4.* [The Certificate of the Grubbing Machine MUP-4]. Leningrad, 1982. 43 p.
5. Pozdnyakov E.V., Druchinin D.Yu. Sposoby i sovremennye sredstva mekhanizatsii dlya udaleniya pney [Methods and Modern Means of Grubbing Mechanization]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2013, no. 11, pp. 173–176.
6. Pozdnyakov E.V. *Obosnovanie parametrov i rezhima raboty ploshchadkodelatelya vokrug pney: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Parameters and the Operating Mode Justification of the Site Maker Around the Stumps: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Voronezh, 2015. 178 p.
7. Jones P.C., Hawkend J.H. *Stump Grinders*. USA, Austin, 2014. 156 p.

Received on October 24, 2016